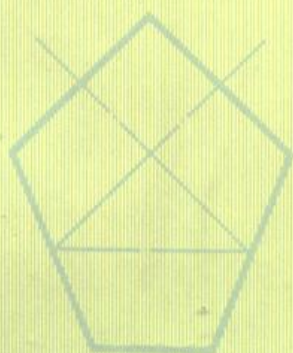


反射棱镜



國防工業出版社

反 射 棱 镜

汤自义 须耀辉 王志坚 编著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书总结了反射棱镜理论方面的一些新成果。讨论了反射棱镜的结构尺寸计算和尺寸公差,角量误差与光学不平行度、象偏转的关系,角量公差的给定,棱镜的大角度转动与微量调整等问题。

对角量公差的给定问题,本书从象质、象面偏和象倾斜三方面进行综合分析后,提出了较合理的公差关系式。

图表部分,本书除列有常用棱镜(共70个)的外形图和精度较高的几何尺寸数据外,还给出了每个棱镜的调整特性参量示意图和角度关系式、尺寸公差、角度公差、作用矩阵和象偏转等有关公式。

本书供光学仪器设计、制造和检校等专业的大专院校师生和该专业的科研及工程技术人员参考。

反 射 棱 镜

汤自义 须耀辉 王志坚 编著

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168¹/₃₂ 印张 7¹/₂ 191 千字

1981年7月第一版 1981年7月第一次印刷 印数: 0,001—2,300册

统一书号: 15034·2202 定价: 1.40元

前 言

本书主要讨论了反射棱镜的制造误差和位置误差，并试图在设计和调整中把这两方面的问题有机地联系起来加以综合考虑。

全书分为两个部分。

第一部分为计算原理。

第一章主要叙述了棱镜的结构尺寸计算，并根据设计、生产的需要，在总结实践经验的基础上，对尺寸公差的给定作了初步尝试。

第二章介绍了棱镜的角度误差、棱差与光学不平行度及象偏转的关系，为设计棱镜给定角量公差提供了某些理论依据。就角度误差、棱差与象偏转的关系而言，由于没有资料可供参考，因此这种探讨还有待于实践的检验。

第三章主要叙述了表征反射棱镜特性的作用矩阵、特征方向和特征转角，以及象偏转极值、极值轴向、棱镜任意转动和微量转动原理。

第二部分为反射棱镜图表，是为了设计和使用的方便，将有关数据加以工程化而编制的。表中除常用棱镜外，还增加了有关棱镜的对称型，并增设了“图纸上应注的尺寸公差”一栏，指明了应标注、检验公差的尺寸部位。

本书由麦伟麟同志主审，江先进、唐家范同志参加了审订。

张友琪同志为本书提供了尺寸公差的素材，并提出了宝贵意见。

在本书编写过程中，曾得到了长春光学精密机械学院、北京工业学院、二九八厂、五二八厂、三三零四厂等单位以及连铜淑、李树棠、徐心镜等同志的热情帮助和支持。编者对此表示衷心的感谢。

感谢。

由于我们的水平不高，加上缺乏实践经验，书中的缺点和错误在所难免，敬请读者指正。

编 著 者

目 录

第一部分 计 算 原 理

第一章 棱镜概述与结构尺寸计算	1
§ 1-1 棱镜的作用	1
§ 1-2 棱镜的代号及表示方法	2
§ 1-3 棱镜的理论结构尺寸计算	5
§ 1-4 棱镜的尺寸裕量及尺寸公差	21
第二章 棱镜的角量误差	27
§ 2-1 棱镜光轴截面内角度误差、棱差与光学不平行度的关系	29
§ 2-2 棱镜光轴截面内角度误差、棱差与象偏转的关系	35
§ 2-3 屋脊棱镜的误差	44
§ 2-4 棱镜角量公差的给定	47
第三章 棱镜调整原理	57
§ 3-1 棱镜的作用矩阵	57
§ 3-2 棱镜的特征方向和特征转角	62
§ 3-3 平行光路中棱镜的任意转动	67
§ 3-4 棱镜微量转动产生的象偏转	80
§ 3-5 象偏转极值特性	85

第二部分 反射棱镜图表

(一) 普通平面棱镜	92
1. I 型棱镜	92
2. I _J 型棱镜	108
3. II 型棱镜	120
4. II _J 型棱镜	140
5. III 型棱镜	148
6. III _J 型棱镜	154

(二) 复合平面棱镜	162
(三) 空间棱镜	196
符号说明	232

第一部分 计算原理

第一章 棱镜概述与结构尺寸计算

棱镜是光学系统中重要的结构单元。棱镜通常分为反射棱镜、色散棱镜和偏光棱镜。反射棱镜又可分为一般的成象反射棱镜与分象、合象反射棱镜。本书只讨论一般的成象反射棱镜。简称棱镜。

§ 1-1 棱镜的作用

棱镜有下面几个作用：

1. 折转光学系统的光轴

由于反射棱镜具有一个或几个反射面，光轴能在棱镜内部进行折转。因此，选用一个或一组适当的棱镜能够完成下列任务：

① 使光学系统的出射光轴相对于入射光轴折转所需要的角度，以便于观察。

② 使光学系统的出射光轴相对于入射光轴产生平移。即使光学系统具有一定数值的潜望高，以利于使用者荫蔽。

③ 使光学系统的光轴在棱镜内部或棱镜之间连续折转，从而缩短光学系统的轴向尺寸和减轻仪器的重量。

④ 赋予光学系统中一块或几块棱镜以适当的运动，以扩大观察范围或实现扫描。

⑤ 稳定光学系统中一块或几块棱镜，使光学仪器的光轴或观测线得到稳定。从而可以消除由于仪器基座的倾斜、晃动所造成的标定误差或测量误差。

2. 改变成象方向

① 实现一个方向上的倒象

当光学系统中只需要一个方向上颠倒而另一方向上不颠倒的象时, 加入透镜倒象系统显然是无法实现的, 必须采用棱镜倒象系统才能满足这个要求。

② 实现两个方向上的倒象

在光学系统中既需要缩小轴向尺寸, 又需要两个方向上的倒象时, 选用一块或几块棱镜就能满足要求。

③ 实现象的旋转

当棱镜绕某一个轴转动时, 对其转动前后的象而言, 可以认为象在旋转。因此, 棱镜转动可以用于实现象的旋转。如果在光学系统中, 前后棱镜以一定的关系作转动, 那么, 最终能在观察者不动的情况下, 从目镜视场中看到一个既反映四周景物而又是直立的象, 即实现了仪器的周视。

共轴球面系统具有许多优点。但是在折转光轴、改变成象方向等方面仍不能满足实际需要。由共轴球面系统和平面镜棱镜系统所组成的光学系统, 因其两者能够相互取长补短, 从而使得整个光学系统更趋于完善, 更能满足各种各样的实际需要。

§ 1-2 棱镜的代号及表示方法

棱镜按其组成方式分为普通棱镜和复合棱镜。由一块光学玻璃制成的棱镜, 称为普通棱镜, 由两个或两个以上普通棱镜组合而成的棱镜, 称为复合棱镜。

棱镜按其成象性质分为平面棱镜和空间棱镜。在反射棱镜中, 只要存在有一个共轭光轴平面 (指同时平行于棱镜的入射光轴和出射光轴的平面) 的棱镜, 称为平面棱镜。除此以外的均称为空间棱镜。

鉴于上述两种情况, 常用棱镜具有以下三种类型:

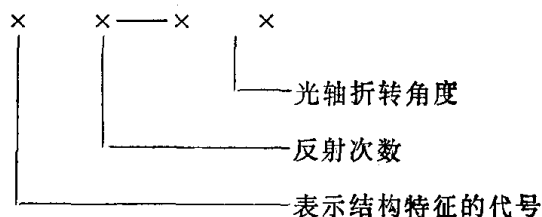
① 普通平面棱镜

② 复合平面棱镜

③ 空间棱镜

1. 普通平面棱镜的代号及表示方法

普通平面棱镜用如下形式表示:



光轴折转角度以“度”计量。

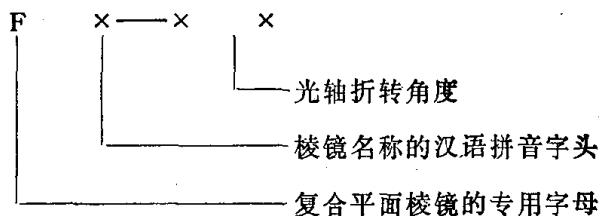
反射次数以大写罗马数字表示:

一次反射	代号 I
二次反射	代号 II
三次反射	代号 III

棱镜如有屋脊面时 (即棱镜上有一个反射面被屋脊面所代替), 则在反射次数代号下加脚标 “J”。例如 DI_J-0° , 表示等腰屋脊棱镜, 一次反射, 光轴折转 0° 。

2. 复合平面棱镜的代号及表示方法

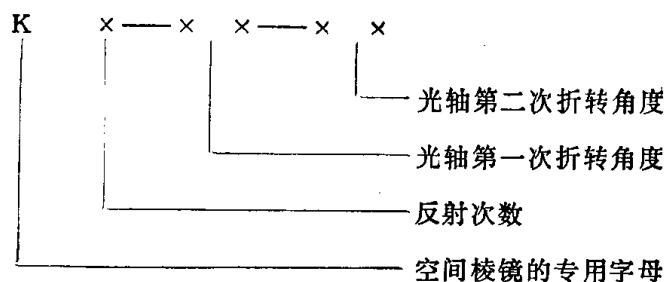
复合平面棱镜用如下形式表示:



棱镜如有屋脊面时, 则在表示棱镜名称的汉语拼音字头下加脚标 “J”。例如 FA_J-0° , 表示阿贝屋脊棱镜 (复合平面棱镜类型), 光轴折转 0° 。

3. 空间棱镜的代号及表示方法

空间棱镜用如下形式表示:



棱镜如有屋脊面时，则在反射次数（目前只有两次反射型，代号Ⅱ）代号下加脚标“J”。例如 $K\text{Ⅱ}_J-90^\circ-100^\circ$ ，表示空间屋脊棱镜，两次反射，光轴第一次折转 90° 、第二次折转 100° 。

4. 棱镜的名称及代号

通常，以棱镜的结构特征赋予棱镜名称，并且以棱镜名称的汉语拼音字头表示。常用棱镜的名称及代号如下：

- D——等腰棱镜；
- B——半五棱镜；
- L——列曼棱镜；
- W——五棱镜；
- WL——乌拉司棱镜；
- X——斜方棱镜；
- K——空间棱镜；
- FA——阿贝棱镜；
- FB——别汉棱镜；
- FL——立方棱镜；
- FQ——潜望棱镜；
- FX——靴形棱镜；
- FY——烟斗棱镜；
- FP——普柔棱镜。

本书图表部分，每种类型的棱镜均以反射次数为序依次排列。

§ 1-3 棱镜的理论结构尺寸计算

所谓棱镜的理论结构尺寸计算就是按光学系统的有效通光口径 D_0 ，对所选用的或所设计的棱镜，计算其外形尺寸和光轴长度 L 。

计算的一般原则是：

- ① 一定口径的、平行于光轴的圆柱形光束通过棱镜。
- ② 该光束通过棱镜任何部位时都不被切割。
- ③ 在满足上面两个条件下，棱镜应具有的最小尺寸。

1. 非屋脊棱镜的计算方法

非屋脊棱镜理论结构尺寸的计算有两种方法。一种是直接计算，棱镜不必展开，称为直接计算法。另一种是将棱镜展开之后进行计算，称为展开计算法。

① 直接计算法

某些棱镜本身形状比较规则，光轴在其内部折转的情况比较简单，折转角度又为常见的特殊角（如 30° 、 45° 、 60° 、 90° 等），对于这样的棱镜，无需将棱镜展开，而从棱镜外形图上直接进行计算。

例如如图 (1-3-1) 上所示的直角棱镜 DI- 90° 。从该棱镜的外

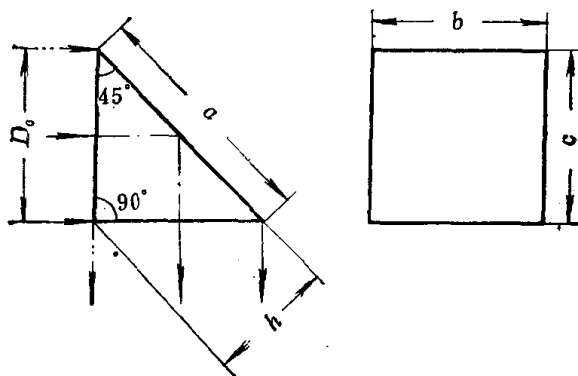


图 (1-3-1)

形图可以直接求得:

$$L = D_c$$

$$a = \sqrt{2} D_0$$

$$b = D_0$$

$$c = D_0$$

$$h = \frac{\sqrt{2}}{2} D_0$$

② 展开计算法

某些棱镜本身形状不太规则, 光轴在其内部折转的次数比较多, 折转角度大多数又不是特殊角, 对于这样的棱镜, 需要将棱镜展开, 然后进行计算。

例如图 (1-3-2) 上所示的靴形棱镜 FX-90°。将棱镜展开之后, 其光轴长度 L 和尺寸 a 为:

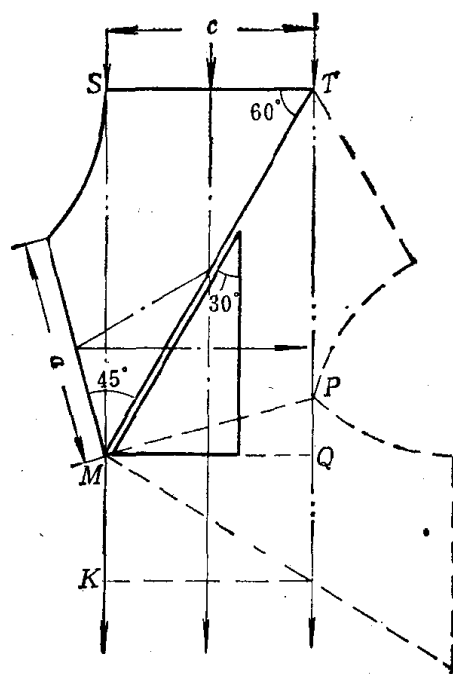


图 (1-3-2)

$$L = SM + MK$$

$$SM = ST \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = \sqrt{3} D_0$$

$$MK = D_0 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ = \frac{\sqrt{3}}{3} D_0$$

$$L = \left(\sqrt{3} + \frac{\sqrt{3}}{3} \right) D_0 = 2.309401 D_0$$

$$a = MP = \frac{MQ}{\cos 15^\circ} = D_0 / 0.9659 = 1.035 D_0$$

对于这种棱镜，如果不用展开算法，而用直接算法，那么，由于光轴在其内部两次折转而成为三段折线，并且角度关系又较为复杂，将使计算变得繁琐。

直接算法与展开算法并无本质的区别。用直接算法或展开算法对棱镜进行计算，两者的结果应是一致的。因此，究竟选用哪种方法，应根据具体情况确定。

2. 屋脊棱镜的计算方法

棱镜上如有一个反射面被屋脊面所代替，也就是在棱镜的一个反射面上开了屋脊。屋脊面必然会将相邻的两个面切出一个角度，就有可能切割掉原来光束的一部份。为了使全口径的光束都能通过，光束在棱镜中的位置将要改变，随之带来棱镜结构尺寸的增大。

例如图 (1-3-3)(a) 虚线所示的五棱镜 W I -90°，它的光轴截面形状为 $MNPST$ ，光轴为 $O_1 O_2 O_3 O_4$ ，通光口径 $D_0 = MN$ 。如果在反射面 NP 处开屋脊，就变成了屋脊五棱镜 W I₁ -90°。由于屋脊面在入射面 MN 上切出一个角度，因而其入射面上光束必然会被切割。为了使光束不被切割，光轴必须相对于棱镜由 O_1 移至 O_0 入射，即使光束移到屋脊面在入射面上切出的那个角度之内，如图 (c) 所示。此时，棱镜的光轴截面形状相应变为 $M'NPS'T'$ 。显然，棱镜结构尺寸增大了。

由图 (1-3-3)(c) 可以看出, 在已知通光口径的情况下, 光轴入射位置 O'_0 点的确定, 主要取决于屋脊面在入射面上切出角度的大小。 O'_0 点位置确定之后, 棱镜结构尺寸也就确定了。由

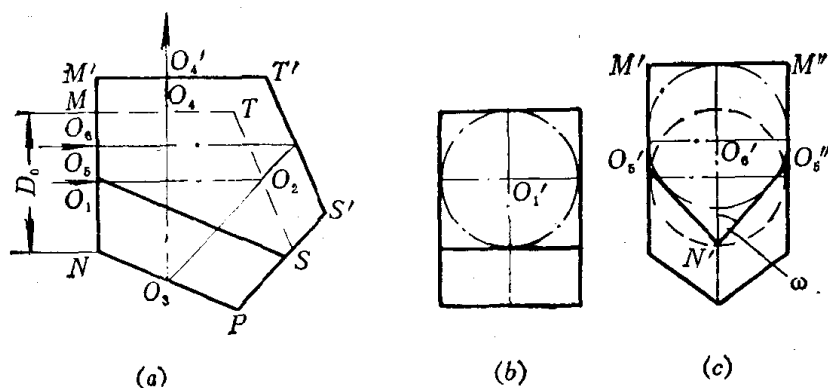


图 (1-3-3)

此可见, 计算屋脊五棱镜 $W \text{ II }_1 - 90^\circ$ 的结构尺寸, 关键是计算屋脊面在入射面上切出角度的大小, 即是计算 ω 角。

对于只具有一个屋脊的棱镜, 与屋脊面相邻的有两个面。显然, 这两个面都被切出一个角度。其中, 工作面周围边界是限制光束的, 因此, 工作面上被切出的角度在光束垂直截面上投影之半的 ω 角需要计算。因非工作面不影响光束, 因而不必计算。例如图 (1-3-3) 所示的屋脊五棱镜 $W \text{ II }_1 - 90^\circ$, 与屋脊面相邻的有两个面, 其中 MN 为入射面, 所以入射面上的 ω 角需要计算, 另一个面 PS' 是非工作面, 所以不予考虑。又如图 (1-3-4) 所示的屋脊棱镜 $D \text{ II }_1 - 180^\circ$, 与屋脊面相邻的是两个工作面, 反射面在光束垂直截面上投影的 ω 角以及出射面上的 ω' 角均需要计算。再如图 (1-3-5) 所示的阿贝屋脊棱镜 $FA_1 - 0^\circ$, 与屋脊面相邻的是两个非工作面。屋脊面在这两个面上切出的角度并不影响光束, 故可不必考虑屋脊面带来的影响。这样, 阿贝屋脊棱镜 $FA_1 - 0^\circ$ 与不带屋脊的阿贝棱镜 $FA - 0^\circ$ 的结构尺寸就完全一致。由上面的一些例子可以看出, 一般情况下, 与屋脊面相邻的有几个

工作面, ω 角就有几个, 这些 ω 角就都需要计算。

综上所述, 对屋脊棱镜的计算应分为两步: 首先, 计算工作

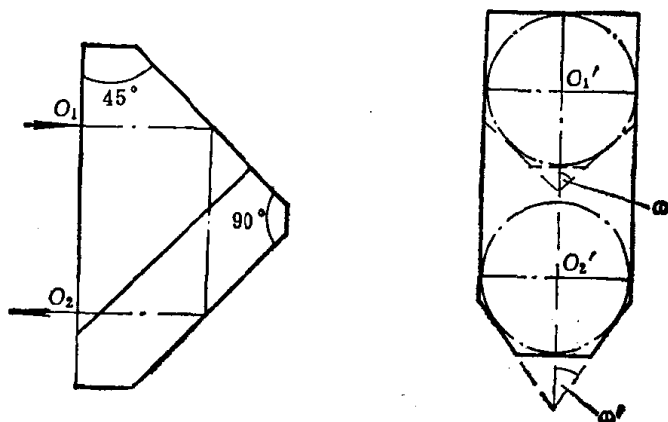


图 (1-3-4)

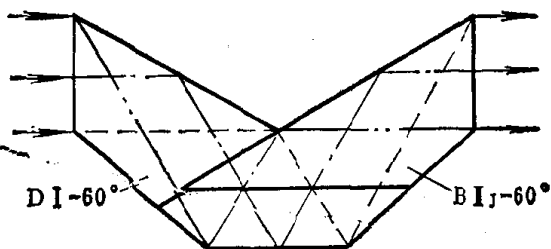


图 (1-3-5)

面上被屋脊面切出的角度在入射光束垂直截面上投影角之半的 ω 角; 其次, 计算棱镜的结构尺寸。通常将棱镜展开之后, 再进行计算较为方便。但是, 如果棱镜比较简单, ω 角又在入射面或出射面上, 也可用直接计算法计算。

① ω 角的计算

用 “ ω ” 表示工作面上被屋脊面切出的角度在入射光束垂直截面上投影角之半, 简称 ω 角。现以图 (1-3-6) 所示的屋脊棱镜 $D\text{II}_1-45^\circ$ 为例, 推导计算 ω 角的普遍公式。

口径为 D_0 的入射光束, 由 MN 面垂直入射后, 先经 MP 面

反射, 又经屋脊面和 MN 面反射, 最后由 MP 面垂直出射。显然, MP 面被屋脊面切出的角度对入射光束有限制, 而对射出棱镜的光束没有限制。为使光束不被切割, 棱镜又具有最小尺寸, 则 MP 面在入射光束垂直截面上的投影形状为 $M'G'P'G''Q$,

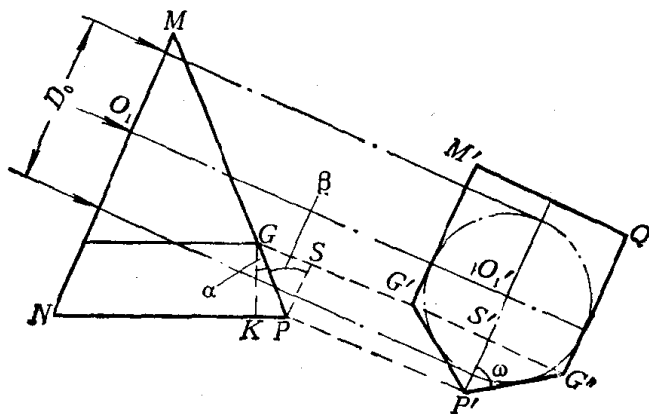


图 (1-3-6)

$\angle G'P'G''$ 即为 2ω 角。为讨论 MP 面对光束的限制情况, 称这样的工作面为“讨论面”。其 ω 角由图 (1-3-6) 求得:

$$S'G'' = \frac{D_0}{2}$$

$$KG = \frac{D_0}{2}$$

$$GP = \frac{KG}{\cos \alpha}$$

$$P'S' = PS = GP \cos \beta$$

$$\omega = \arctg \frac{S'G''}{P'S'} = \arctg \left(\frac{\cos \alpha}{\cos \beta} \right) \quad (1-3-1)$$

式中 α —— 讨论面与屋脊棱垂直截面的夹角;

β —— 讨论面与入射光束垂直截面的夹角。

由于 MP 面与入射光束、屋脊棱都处于任意位置上, 即存在 α 和 β 。所以, 由此推导出的 ω 角计算公式是具有普遍性的。